
DE LA VENTILATION
DU CHAUFFAGE ET DE L'ÉCLAIRAGE
DANS LES HOPITAUX

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 28 Novembre 1895

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GEORGES PORTAL

Né le 20 Juin 1868, à Saint-Geniès-de-Malgoirès (Gard)

Ancien Interne des Hôpitaux de Saint-Étienne.



LYON

ALEXANDRE REY, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

4, RUE GENTIL, 4

Novembre 1895

DE LA VENTILATION
DU CHAUFFAGE ET DE L'ÉCLAIRAGE
DANS LES HOPITAUX

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 28 Novembre 1895

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GEORGES PORTAL

Né le 20 Juin 1868, à Saint-Geniès-de-Malgoirès (Gard)

Ancien Interne des Hôpitaux de Saint-Étienne.



LYON

ALEXANDRE REY, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

4, RUE GENTIL, 4

—
Novembre 1895

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET. DOYEN
LÉPINE. ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. DESGRANGES, PAULET, BOUCHACOURT CHAUVEAU, BERNE

PROFESSEURS

Cliniques médicales	{	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales.		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements.		OLLIER.
Clinique ophtalmologique.		PONCET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.		FOCHIER.
Clinique des maladies mentales		GAYET.
Physique médicale		GAILLETON.
Chimie médicale et pharmaceutique.		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie.		MONOYER.
Matière médicale et Botanique.		HUGOUNENQ
Zoologie et Anatomie comparée.		CAZENEUVE
Anatomie.		FLORENCE.
Anatomie Générale et Histologie.		LORTET
Physiologie.		TESTUT.
Pathologie interne.		RENAUT.
Pathologie externe.		MORAT.
Pathologie et Thérapeutique générales		TEISSIER.
Anatomie pathologique.		AUGAGNEUR
Médecine opératoire.		MAYET.
Médecine expérimentale et comparée		TRIPPIER.
Médecine légale.		POLLOSSON (MAURICE)
Hygiène		ARLOING.
Thérapeutique		LACASSAGNE.
Pharmacie.		BARD.
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des Femmes. LAROYENNE.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Enfants MM. WEILL, agrégé.
Accouchements. POLLOSSON (Aug.) —
Botanique. BEAUVISAGE. —

AGRÉGÉS

MM. BEAUVISAGE.	MM. GANGOLPHE.	MM. ROUX.	MM. SIRAUD.
CONDAMIN.	POLLOSSON (Aug.)	COLLET.	DURAND.
COURMONT.	ROCHET.	BOYER.	DOYEN.
DEVIC.	ROLLET	CURTILLET.	BARRAL.
DIDELOT.	ROQUE.	VALLAS.	MOREAU.

M. ÉTIEVANT, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. BONDET, *Présid.*; M. WEILL, *Assesseur*; MM. BOYER et COLLET, *Agrég.*

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

INTRODUCTION

Pendant les trois années d'internat que nous avons passées à l'Hôtel-Dieu de Saint-Etienne, hôpital vieux de plusieurs siècles, notre attention a été constamment attirée sur le projet de construction d'un hôpital nouveau. Au cours d'une conversation particulière, nous avons entendu notre maître M. le Dr Roussel soutenir avec sa verve et son esprit habituels que Saint-Étienne était la plus américaine des villes de France.

Dans cette ville essentiellement moderne, bâtie en quelques jours, presque dans un coup d'industrie, on ne trouvera pas, comme dans les vieilles cités, ces rues tortueuses où chaque détour réserve au promeneur un horizon nouveau, ni ces maisons antiques à façade surchargée d'ornements. Il ne faut demander à Saint-Étienne ni souvenirs historiques, ni soucis artistiques.

Il ne faut pas lui demander non plus, comme à ces villes américaines dont parle Bourget et auxquelles elle ressemble si fort cependant par l'allure géométrique de sa construction et par la fièvre de sa productivité¹ « des appétits, des soifs d'un autrefois, » ni « cet amour pour les objets autour desquels il flotte du temps et de la durée ».

Ce que les Stéphanois ont emprunté aux Américains, c'est leur besoin de produire le mieux et le plus rapidement possible, leur désir et leur habitude d'être les premiers à utiliser pratiquement les plus récentes découvertes de la science comme les dernières applications de l'industrie.

Saint-Étienne a vu fonctionner le premier chemin de fer du vieux continent; la première, elle a eu ses tramways à vapeur et sa station centrale d'électricité. Saint-Étienne hier, a voulu un hôpital, elle l'aura demain. Peut-être ne sera-ce pas une œuvre d'art, mais certainement ce sera le mieux construit, et le plus moderne. Pour cela, elle n'a rien négligé. Dès le premier jour, elle a demandé leur concours à des praticiens éminents. Elle a délégué ces hommes d'expérience pour étudier dans les hôpitaux étrangers les dernières conquêtes de la science et de l'hygiène. M. le Dr Chavanis, notre maître, a fait partie de cette Commission, il en a été le rapporteur et il a consigné, dans un mémoire fort circonstancié, les résultats de son observation. Disons tout de suite que c'est à lui que nous

devons l'idée de notre travail. Pendant le dernier semestre de notre internat que nous avons eu l'honneur de passer dans son service, il nous a souvent parlé de ses idées sur la question délicate du chauffage et de la ventilation dans les hôpitaux. Il nous a mis dans les mains tous les matériaux nécessaires pour traiter cette question, et c'est grâce à lui que nous avons pu mener à bonne fin notre travail. Qu'il reçoive tous nos remerciements pour le concours bienveillant qu'il nous a prêté en cette circonstance et aussi et surtout pour les enseignements cliniques qu'il nous a donnés d'une main prodigue pendant le temps que nous avons eu l'honneur d'être son interne.

M. le professeur Bondet nous a fait l'honneur de vouloir bien accepter d'être notre président de thèse, nous lui en sommes fort reconnaissant. M. Lamaizière, architecte de la ville, s'est mis tout à notre disposition pour nous indiquer le plan qu'il avait conçu du nouvel hôpital et son projet d'installation du chauffage par la vapeur. Qu'il reçoive ici nos meilleurs remerciements. Nous n'oublierons jamais la dette de reconnaissance que nous avons contractée vis-à-vis de tous nos chefs de service de Saint-Étienne.

M. Duchamp, professeur agrégé de la Faculté de Lyon, dans le service duquel nous avons passé deux semestres, nous a toujours témoigné la bienveillance la plus affectueuse. M. le D^r Roussel, notre premier maître, a droit à notre reconnaissance non seulement pour son enseignement

mais encore pour les soins dévoués et intelligents qu'il nous a donnés au cours d'une maladie aiguë traitée à l'hôpital. M. le chirurgien Blanc nous a toujours témoigné les marques d'une sympathie vraie qui ne s'est jamais démentie pendant tout le temps de notre internat. MM. Montagnon, Cénas et Garand ont été pour nous presque d'affectueux camarades. Nous les en remercions vivement.

Nous n'oublierons pas non plus les amitiés solides que nous avons contractées avec nos collègues d'internat. Nous remercions particulièrement M. Dénarié, interne, pour le concours qu'il nous a prêté dans nos recherches, ainsi que M. Delainaud, avocat à Saint-Etienne.

A Lyon, M. le professeur Augagneur, et M. Levrat, chirurgien à la Charité, auprès de qui nous avons été externe, nous ont initié à la clinique chirurgicale. MM. les professeurs Lépine, Tripier, et M. Magnien, pharmacien en chef à la Charité, ont particulièrement droit à notre reconnaissance pour l'intérêt qu'ils nous ont témoigné pendant les années que nous avons passées à la Faculté de Lyon.

Enfin, nous n'oublierons pas que c'est à la Faculté de Montpellier que nous avons commencé nos études médicales.

Que M. Carrieu, professeur de clinique médicale, reçoive l'expression de notre vive gratitude pour la sympathie qu'il nous a témoignée pendant notre séjour dans cette ville et qu'il nous a conservée depuis lors.

DE LA VENTILATION DU CHAUFFAGE ET DE L'ÉCLAIRAGE

DANS LES HOPITAUX

CHAPITRE PREMIER

De la ventilation.

L'historique de la ventilation se confond avec celui de l'habitation humaine, et c'est là une question qui intéresse l'architecte presque autant que le médecin. De toute antiquité, on a dû remarquer que l'atmosphère d'une enceinte fermée où respirent des êtres vivants s'altère rapidement au point de devenir irrespirable et toxique. Elle doit être aussi ancienne que la science, cette expérience facile à reproduire et qui consiste à placer un petit animal dans une cage en verre, bien close de toutes parts. Au bout d'un temps relativement court, on voit se produire les symptômes d'un malaise qui va toujours grandissant, jusqu'à ce que la mort par asphyxie termine la scène.

Les exemples de graves accidents de ce genre ne sont du reste pas rares dans l'histoire. Pour nous borner au siècle passé, nous en trouvons deux cas remarquables dans la physiologie de Beclard,

En 1750, les assises d'Old Bailey, en Angleterre, qui se tenaient dans une pièce carrée de 30 pieds de côtés, ayant attiré un grand concours de monde, la plupart des assistants périrent asphyxiés. Les seuls survivants furent ceux qui avaient eu la bonne fortune d'être proche d'une fenêtre ouverte.

En juin 1756, aux Indes, 145 prisonniers de guerre sont enfermés dans une salle carrée de 20 pieds de côté. Douze heures après, 23 seulement étaient encore vivants.

Il serait facile d'allonger la liste des catastrophes dues à la respiration d'un air confiné. Mais une telle énumération serait oiseuse. La nécessité du renouvellement de l'air, dans toute enceinte habitée ne peut faire de doute pour personne. C'est la ventilation qui doit remplir ce but ; de là, le grand rôle qu'elle joue dans l'hygiène sociale.

De cette vaste question, nous nous proposons d'étudier un point spécialement intéressant pour la médecine. Nous allons rechercher quels sont les moyens, sinon les meilleurs, du moins les plus pratiques, pour assurer une ventilation efficace dans les salles hospitalières.

Avant de passer en revue les différents systèmes proposés ou mis en usage pour remplir ce but, nous allons étudier les causes de la viciation de l'atmosphère dans une enceinte habitée, et plus particulièrement dans une salle d'hôpital.

CAUSES DE LA VICIATION DE L'ATMOSPHÈRE
DANS UNE ENCEINTE HABITÉE

Deux grandes fonctions physiologiques, la respiration et la transpiration modifient d'une façon continue et progressive, la composition chimique de l'atmosphère d'une enceinte habitée. A ces facteurs, vient s'en joindre un autre non moins important, l'éclairage, par la combustion.

De plus, indépendamment des modifications chimiques qu'elles font subir à l'atmosphère, la respiration et la transpiration introduisent continuellement dans l'air des matières organiques dont l'influence est encore plus délétère et nocive.

Influence de la respiration. — L'air inspiré se compose d'oxygène et d'azote, l'air expiré contient de plus de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Le poids de carbone brûlé et par suite celui de l'acide carbonique exhalé dans une heure varie suivant le sexe, l'âge et le moment de la journée. Andral et Gavarret ont déterminé l'influence de l'âge :

8 ans.	5 grammes
15 —	8,7
16 ans 1/2	10,2
28 —	12,4
50 —	10,7
60 —	10 grammes
68 —	9,6

Le maximum de consommation du carbone se trouve entre vingt-cinq et trente ans.

Cette consommation varie encore suivant trois circonstances physiologiques déterminées par Lavoisier — suivant que l'individu est au repos ou effectue un travail — est à jeun ou dans la période de digestion — suivant enfin la température ambiante.

Toutefois, en se plaçant dans des conditions moyennes, on trouve qu'un homme de seize à cinquante ans consomme par heure 11 gr. 5 de carbone, ce qui correspond à 20 l. 4 d'acide carbonique.

L'air expiré est toujours saturé de vapeur d'eau ; il en contient ainsi 43 gr. 51 par mètre cube. Or, chaque expiration étant d'un demi-litre environ, on obtient, pour une heure, à 17 respirations par minute :

$$\text{Air expiré} = 0,5 \times 17 \times 60 = 500.$$

Cinq cents litres d'air saturé, ce qui correspond à 21 gr. 75 de vapeur d'eau.

Influence de la transpiration. — La transpiration dégage de la vapeur d'eau en quantité variable, suivant la température, le degré de saturation de l'atmosphère, la constitution et aussi l'état de repos ou de travail de l'individu.

En ajoutant cette quantité de vapeur d'eau à celle qui est émise par la respiration, on trouve qu'un homme adulte exhale, en moyenne, dans les vingt-quatre heures, 1 kg. 500 de vapeur d'eau, dont 0 kg. 500 par le poumon et 1 kilogramme par la peau.

Influence des appareils d'éclairage. — Tous les

appareils d'éclairage, sauf les lampes électriques à incandescence, donnent lieu à de la production d'acide carbonique et de vapeur d'eau.

Une bougie brûlant 10 à 12 grammes à l'heure dégage à peu près la même quantité d'acide carbonique et de vapeur d'eau qu'un homme adulte.

Un bec de gaz brûlant 100 litres absorbe six fois autant d'oxygène qu'un adulte.

Influence des matières organiques. — Quelque important que soit le rôle de ces modifications chimiques dans la viciation de l'atmosphère, il n'est encore que secondaire à côté de celui des matières organiques, miasmes et microbes pathogènes introduits dans l'air par la respiration et l'expectoration.

Une élégante expérience, due à Gavarret, montre bien toute l'importance de ce dernier facteur.

On enferme un petit animal dans un espace bien clos. Des dispositions sont prises pour remplacer à tout instant l'oxygène absorbé et enlever, d'autre part, l'acide carbonique produit. L'animal, sans manquer d'oxygène, sans être soumis à l'influence délétère de l'acide carbonique, n'en meurt pas moins, intoxiqué par les miasmes qu'il a dégagés lui-même.

Ces miasmes échappent aux réactifs chimiques qui ne permettent d'en déterminer ni la proportion, ni la nature. Il faut, pour les analyser, avoir recours au microscope. Mais l'odorat, à lui seul, suffit à en déceler la présence. Point n'est besoin d'insister sur l'odeur *sui generis* que présentent le matin au réveil un dortoir de collègue ou une chambrée de caserne.

Mais c'est surtout dans les salles d'hôpital que ces déchets deviennent dangereux par leur nombre et leur virulence spéciale. De nombreuses analyses ont été faites, que l'on trouve relatées dans tous les traités d'hygiène.

Pour ne citer que les importants travaux de M. Miquel, relatés dans son ouvrage sur les *Organismes vivants de l'atmosphère*, on sait que cet observateur éminent a trouvé plusieurs fois dans l'atmosphère des salles d'hôpital les microbes de la suppuration (*Staphylococcus aureus* et *citreus*, et *Streptococcus pyogenes*.) Quant au bacille de Koch, il se trouve d'une façon permanente dans les salles renfermant des phtisiques, et il n'en disparaîtra que le jour où, grâce à des hôpitaux spéciaux, on ne sera plus obligé de disséminer un peu partout ces malades qui constituent pour leurs voisins un danger constant d'infection.

Mais le problème n'est pas encore complètement résolu. La composition d'une atmosphère viciée n'est pas uniforme dans tous les points de la salle.

Le mélange gazeux vicié est moins dense que l'air, et parce qu'il renferme beaucoup de vapeur d'eau et peu d'acide carbonique, et parce que sa température est notablement plus élevée que celle de l'air ambiant. Il tend par cela même à s'accumuler dans la partie supérieure de la salle.

L'expérience vient à tout instant confirmer cette vue théorique :

Dans une salle de bal, où tout le monde respirait à l'aise, le pompier de service, obligé de se tenir près du plafond dans le conduit de sortie de l'air vicié, ne pouvait y rester plus d'une demi-heure sans éprouver des vertiges et des nausées suivis de syncopes.

Dumas, ayant eu l'occasion de s'occuper de la circulation de l'air dans la chambre des séances des députés, remarqua que l'atmosphère, très respirable au plancher de la salle, était intolérable au plafond. Les métaux s'y sulfuraient rapidement et les hommes ne pouvaient y séjourner sans accidents graves.

Même remarque à propos des écoles. Nous citons toujours Dumas :

« A une certaine époque on manquait, dans les écoles, de dispositions spéciales pour la ventilation. L'air frais entraît par une extrémité de la salle et la sortie se faisait par un orifice situé au-dessus et à peu de distance du siège occupé par la maîtresse d'école. On s'aperçut bientôt que les maîtresses présentaient des accidents nerveux graves, un état d'anémie accentué, et étaient rapidement obligées de suspendre leur service. La cause, une fois reconnue et la ventilation organisée, tous ces accidents cessèrent. »

De là découle tout naturellement que la ventilation doit être établie de manière à favoriser le mouvement ascensionnel de l'air vicié. L'air frais doit être introduit à la partie inférieure des locaux, et c'est à leur partie supérieure que doivent être ménagés les orifices destinés à l'évacuation des gaz viciés.

Cette méthode simple et rationnelle a été depuis longtemps enseignée par Trelat. Elle a pour premier avantage d'éviter que l'air vicié ne se mélange à l'atmosphère de la salle. D'autre part, le travail nécessaire pour l'expiration de l'air vicié est diminué par le fait même que le volume de l'air à mettre en mouvement est également

réduit. Enfin, comme nous le verrons plus tard, le chauffage s'en trouve également simplifié.

Ici une question se pose sous une forme plus précise : Quel est le volume d'air qui doit être fourni à chaque malade dans une salle d'hôpital ?

Comme l'a dit M. Bondet au Congrès national d'assistance de 1894, il est difficile de répondre d'une façon précise à cette question.

Il faudrait pour cela que nous connaissions exactement :

1° La proportion limite d'acide carbonique que l'on peut tolérer dans une salle ;

2° Le degré hygrométrique qu'il convient de maintenir. Un air trop humide ne favorise pas l'exhalation pulmonaire et sudorale. Un air trop sec dessèche la gorge et irrite les bronches ;

3° Les matières organiques si nombreuses et si variées, qui, nous le rappelons, sont dans les salles hospitalières une des causes les plus actives de la viciation de l'air.

La ventilation doit évidemment varier suivant les circonstances. Plus abondante pour des locaux habités d'une façon permanente et présentant de nombreuses causes d'infection, comme les hôpitaux, elle doit varier également suivant la température, le degré hygrométrique, etc.

Par heure et par personne, le général Morin admet qu'il faut 60 à 100 mètres cubes pour les salles ordinaires d'hôpitaux ; M. Bondet voudrait :

200 mètres cubes pour les malades ordinaires ;

300 mètres cubes pour les salles de maternité.

En pratiquant la ventilation d'après la méthode ration-

nelle que nous avons exposée, on peut réduire sensiblement la quantité d'air frais par heure et par malade.

Ajoutons que pour apprécier l'efficacité de la ventilation dans un local donné, il est nécessaire de s'appuyer sur des résultats personnels.

CHAPITRE II

Divers systèmes de ventilation.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que la ventilation comportait deux actes simultanés : l'introduction d'un certain volume d'air neuf et l'extraction de l'air vicié. Nous avons montré d'autre part que l'élimination de ces gaz devait s'effectuer en évitant tout mélange avec l'air neuf introduit qui doit être respiré aussi pur que possible. Ils nous reste à examiner les systèmes de ventilation qu'on a préconisés pour atteindre ce but ; nous étudierons successivement la ventilation naturelle et la ventilation artificielle.

DE LA VENTILATION NATURELLE

Comme son nom l'indique, la ventilation naturelle est indépendante de toute force artificielle. Elle se produit sous la seule action des mouvements de l'air. Même

dans une pièce absolument close, l'air est rarement immobile, ou du moins il suffit, pour qu'il soit mis en mouvement, des influences les plus légères. Si, dans cette même pièce, nous établissons une communication avec l'extérieur par une seule ouverture — porte ou fenêtre — nous produirons immédiatement deux courants d'air en sens inverse, l'un entrant, l'autre sortant. L'air de la pièce, généralement plus chaud et par conséquent moins dense, s'échappera par la partie supérieure, tandis que l'air du dehors, plus froid, rentrera par la partie inférieure.

Si nous pratiquons maintenant deux ouvertures opposées, il se produira aussitôt un courant d'air dont la violence sera mesurée par l'inégalité de température de l'air passant par les deux orifices. Si l'on ne s'exposait à ces courants incommodes et souvent dangereux, on pourrait dire que l'ouverture de grandes fenêtres serait le moyen de ventilation le plus efficace et le plus rapide.

Aussi si l'on se contente de ce moyen, faut-il ménager des orifices d'entrée et de sortie de l'air, disposés de façon à éviter autant que possible les courants d'air, il faut régulariser la ventilation.

Viollet-le-Duc dans son histoire des habitations humaines nous apprend que de tout temps on s'est préoccupé de cette question.

C'est ainsi qu'en Egypte on fait encore usage d'un dispositif qui remonte aux époques les plus reculées. On ménage dans le mur de la pièce deux entonnoirs dont les ouvertures sont directement opposées et qui servent l'une pour l'entrée, l'autre pour la sortie de l'air. On dirige habituellement l'ouverture qui est destinée à l'entrée, dans le sens du vent qui domine dans la région.

En Autriche et en Allemagne on a essayé de nos jours, pour assurer la ventilation, d'établir dans les murs des gaines, munies d'orifices et de registres convenablement disposés. Le fonctionnement de l'appareil était subordonné à la manœuvre des registres selon les variations des températures intérieure et extérieure. C'était un soin de tous les instants, aussi le système étant peu pratique a reçu peu d'application.

En Angleterre, on a assuré la ventilation dans plusieurs constructions importantes en établissant des briques perforées dans une ou deux assises de mur. On réalisait ainsi une communication constante avec l'extérieur. Malheureusement, les canaux de communication s'encrassaient rapidement. L'air neuf introduit arrivait chargé de poussières et dans un état de pureté fort douteux. L'interposition de filtres à air destinés à retenir ces poussières n'a pas rendu le procédé plus pratique. Ces filtres se salissaient rapidement et demandaient à être trop fréquemment nettoyés ou renouvelés.

En France on établit souvent la communication avec l'extérieur au moyen d'un vasistas. C'est un châssismobile qu'on place ordinairement au haut d'une fenêtre et qu'on manœuvre à l'aide de cordes ou de tringles. La disposition de l'ouverture est telle que le courant d'air neuf est dirigé dans le sens du plafond de la pièce.

Disons encore qu'on a essayé plusieurs dispositifs faisant concourir l'action du vent à la ventilation.

Le ventilateur de Mackninnel consiste en un tube qu'on place dans le plafond de la pièce. L'air vicié sort par le tuyau central, tandis que l'air neuf entre par la partie annulaire que les deux tubes limitent entre eux.

Muir a imaginé une cheminée carrée divisée en quatre compartiments et dont les quatre faces sont constituées par des persiennes. Suivant la direction et la force du vent, l'air s'introduit par un ou deux de ces compartiments et sort par les autres.

Ces appareils, comme on peut le prévoir, offrent le grand inconvénient d'être subordonnés à l'action du vent. Ils sont par conséquent insuffisants, étant donné l'irrégularité de leur fonctionnement, à assurer la ventilation régulière et constante qui convient aux salles hospitalières.

Nous étudierons plus particulièrement le système des vitres perforées indiqué par M. le professeur Trélat et qui prévaut aujourd'hui :

Ce système consiste à percer les vitres d'une multitude de petits orifices tronconiques dont la petite base est placée à l'extérieur. Les vitres ont une épaisseur de 3 à 4 millimètres. Les trous qu'elles supportent sont espacés de 15 millimètres d'axe en axe. Ils ont à l'extérieur un diamètre de 3 millimètres et de 6 millimètres à l'intérieur.

Un calcul très simple donne, par mètre carré de vitre, une surface d'entrée de 3 décimètres carrés et de 4 centimètres. L'air qui s'introduit dans la salle même par les jours de vent assez fort s'épanouit en suivant les génératrices du cône et n'entre dans la pièce qu'avec une vitesse assez réduite pour ne pas gêner les habitants. En somme, les courants d'air sont évités. Pour pouvoir, au besoin, suspendre la ventilation, on peut doubler les vitres perforées d'un châssis vitré plein qu'on ferme à volonté.

L'application des vitres a été faite dans certaines classes de lycée où l'on avait eu la précaution d'établir les batteries de

chauffage au bas des baies vitrées. L'expérience a montré que la ventilation s'effectuait parfaitement par ce système qui a encore le grand avantage de coûter fort peu d'installation et de n'exiger aucune dépense de fonctionnement.

Toutefois si les vitres perforées assurent une entrée suffisante d'air pur, elles ne garantissent pas l'évacuation de l'air vicié. L'expiration de l'air par les gaines d'évacuation constitue un courant forcément irrégulier, puisque ce courant est lié à la différence bien variable des températures de la salle et de l'extérieur.

Pour avoir un fonctionnement régulier et méthodique, il faut chauffer l'air à une température constante dans les canaux d'évacuation.

Nous sommes ainsi conduit à l'étude de la ventilation par cheminée chauffée. C'est là le trait d'union pour ainsi dire entre la ventilation naturelle et la ventilation artificielle ou mécanique. Les cheminées ordinaires d'appartement peuvent être considérées comme de véritables cheminées de ventilation dans lesquelles l'appel de l'air se fait par le bas. Mais généralement, c'est par le haut qu'on appelle l'air. On a ainsi l'avantage d'avoir une cheminée moins haute et, de plus, on évite toute canalisation dans le sol. A tous les points de vue, l'installation est ainsi moins coûteuse. Quant au chauffage de l'air, il doit toujours se faire à la base de la cheminée. Il est évident que le meilleur chauffage sera le plus régulier, puisque pour avoir une évacuation d'air constante il est nécessaire d'avoir une température constante, dans les tuyaux d'appel. On peut employer un foyer direct, foyer à grille qu'on place à la base de la cheminée.

On pourrait encore employer un brûleur à gaz si l'on

ne reculait pas devant le prix de revient assez élevé de ce combustible.

Enfin, si l'on veut éviter l'entretien d'un foyer, des récipients d'eau chaude ou de vapeur peuvent être employés.

Dans tous les cas, pour obtenir un tirage suffisant il faut entretenir une température de 20 à 25 degrés.

DE LA VENTILATION ARTIFICIELLE

Les cheminées chauffées, nous l'avons vu, ne ventilent que par aspiration ; les appareils mécaniques permettent de ventiler à la fois par insufflation et par aspiration.

Les appareils mécaniques, employés le plus habituellement, sont presque exclusivement des ventilateurs soit hélicoïdaux, soit à force centrifuge.

Quoi qu'il en soit, ils agissent par insufflation ou par aspiration.

Dans le premier cas, l'air pris dans l'atmosphère est refoulé par des conduits plus ou moins longs dans les locaux destinés à la ventilation.

Quand le ventilateur agit au contraire par aspiration, l'air pénètre de l'extérieur dans le local à ventiler par des orifices ou conduits convenablement répartis. Il est ensuite aspiré par des conduits branchés sur un collecteur général aboutissant à l'ouïe du ventilateur et de là rejeté dans l'atmosphère.

La ventilation artificielle offre de précieux avantages.

Elle assure une ventilation régulière et méthodique. Elle permet de doubler et de tripler même les 50 mètres

cubes d'air par malade actuellement considérés comme indispensables pour les salles d'hôpital. Avec la ventilation artificielle, comme le dit élégamment M. le professeur Bondet, on est maître du mouvement de l'air. De plus, on peut régler, indépendamment l'une de l'autre, l'entrée et la sortie de l'air.

Mais à côté de ces avantages, on ne peut nier certains inconvénients.

Quel que soit le système employé, son installation est toujours coûteuse. Son mécanisme est toujours compliqué et son fonctionnement demande une surveillance étroite et intelligente.

Ces inconvénients sont assez sérieux pour avoir motivé, de la part du D^r Roussel de Saint-Etienne, des conclusions un peu absolues qui ont été discutées par Bondet dans son rapport et que nous reproduisons textuellement : « Après mûre réflexion toute ventilation compliquée doit être écartée du nouvel hôpital ; les conceptions réalisées jusqu'à ce jour, notamment à l'étranger, nous ont paru des plus médiocres. Ici nous nous rapprocherons autant que possible de la ventilation naturelle.

« Au sommet de la fenêtre un châssis à bascule permettra d'introduire l'air extérieur et de le diriger vers le plafond. D'autres prises d'air fonctionneront lorsque les fenêtres et les châssis seront fermés. Elles seront placées vers les fenêtres au niveau du plancher et sous le plafond. Munies de valves mobiles, elles pourront s'ouvrir et se fermer à volonté.

« L'air vicié s'échappera par les angles et aussi par une rosace placée dans l'axe du plafond de la salle. Les gaines d'évacuation munies d'aspirateurs déboucheront directe-

ment sur la toiture; chacune d'elles sera pourvue d'un brûleur à gaz pouvant activer la ventilation si la température l'exige. »

Nous ne saurions rien retrancher aux idées du D^r Roussel, mais nous devons faire cette restriction que, si les conceptions de la ventilation artificielle réalisées jusqu'à ce jour laissent en effet beaucoup à désirer, c'est cependant à elle qu'appartient l'avenir après des perfectionnements sensibles au point de vue du coût de l'installation et de la simplicité du fonctionnement.

CHAPITRE III

Du chauffage.

Divers modes de chauffage.

DU CHAUFFAGE

Aussi important que le problème de la ventilation et présentant avec lui de nombreux rapports que nous étudierons plus tard, le problème du chauffage des hôpitaux est soumis à quelques règles générales dont nous allons faire un exposé succinct.

a) Quelle température convient-il de maintenir dans une enceinte habitée ? Cette température, variable suivant la destination du lieu, doit être pour les hôpitaux, suivant une opinion émise par tous les hygiénistes, de 16 à 18 degrés. Or, pour maintenir cette température, il faut fournir une quantité de chaleur compensant les pertes de calorique, pertes qui reconnaissent deux causes : la transmission à travers les parois d'une part, et de l'autre

l'introduction de l'air frais amené par la ventilation. Tel est le but des appareils de chauffage.

b) La température devant être constante, il en résulte que le chauffage doit être régulier et continu, sans intermittence.

Au début du chauffage, les premières calories dégagées sont employées à élever la température des parois et des divers objets ou meubles qui se trouvent dans l'enceinte. Puis, si la source de chaleur est constante, il arrive un moment où, la salle elle-même se trouvant à une température donnée, la chaleur perdue devient égale à la chaleur fournie par l'appareil de chauffage. On dit alors que *le régime est établi*. Dans le cas qui nous occupe et qui est celui d'un chauffage régulier et sans intermittences, le régime est établi une fois pour toutes à l'entrée de l'hiver. Si nous supposons la température extérieure constante, la consommation du combustible et la puissance des appareils de chauffage devront rester également constantes. La seule quantité de chaleur à fournir est celle qui est destinée à compenser les pertes que nous avons énumérées plus haut, pertes par transmission à travers les parois, pertes par renouvellement de l'air.

c) Le problème du chauffage dans toute enceinte habitée se complique en ceci qu'il doit se concilier avec une ventilation établie suivant toutes les règles que nous avons posées dans le précédent chapitre. Or, nous avons vu que, l'air chaud étant souvent vicié, l'air pur doit être introduit à une température très modérée. C'est donc au chauffage direct des parois, et non à l'atmosphère elle-même qu'il faut demander la chaleur nécessaire.

Indépendamment de cette condition primordiale, posée

par E. Trélat, il y en a une autre, à laquelle devra satisfaire toute installation de chauffage ; nous voulons parler du réglage facile et autant que possible automatique de la température.

Les appareils de chauffage peuvent se diviser en deux grandes classes :

Ceux dont le foyer est placé dans l'enceinte à chauffer : ce sont les cheminées et les poêles ;

Ceux dont le foyer est placé hors de l'enceinte à chauffer, la chaleur étant alors transmise à l'aide de véhicules : ce sont les calorifères à air chaud, les appareils à eau chaude, les appareils à vapeur.

Passons rapidement en revue ces différents appareils.

DIVERS MODES DE CHAUFFAGE

Cheminées. — Dans la cheminée, le foyer est découvert et la chaleur est produite par le rayonnement du combustible incandescent.

Nous ne décrivons pas les cheminées d'appartement que tout le monde connaît. Citons seulement les cheminées dites *prussiennes* qui sont placées au milieu même des pièces à chauffer, et présentent l'avantage de dégager de la chaleur par leur surface extérieure en même temps que par le rayonnement du foyer.

On a également construit des foyers mobiles pouvant se tirer en avant du tuyau d'appel à l'aide de tubes à joints télescopiques. Mais les recherches des constructeurs ont eu surtout pour but d'utiliser la chaleur emportée par la

fumée. Nommons sans les décrire les cheminées de Pictet, de Joly, de Fondet.

Les cheminées à gaz sont d'un usage très commode, mais le prix élevé du combustible les rend peu pratiques.

Les cheminées présentent de nombreux inconvénients qui en interdisent l'usage, surtout dans de vastes locaux tels que les salles hospitalières. Elles produisent un appel d'air excessif, source permanente de courants d'air, leur fonctionnement manque de stabilité et de régularité, enfin les différentes parties de la pièce se trouvent bien inégalement chauffées, selon la distance plus ou moins grande du foyer de chaleur.

Agréables et saines dans des pièces d'appartement, les cheminées constitueraient, pour une salle d'hôpital, un mode de chauffage déplorable. Nous ne les avons citées que pour mémoire.

Poêles. — Les poêles diffèrent des cheminées en ce que chez eux le foyer est clos de toutes parts. Ils chauffent à la fois par rayonnement de leur foyer et par la convection de l'atmosphère de la pièce.

Nous ne parlerons pas des poêles sans tuyaux, simples brasiers portatifs qui présentent de graves dangers en dégageant dans l'air les gaz de la combustion, éminemment toxiques (ac. carbonique, oxyde de carbone).

Quant aux poêles avec tuyaux, ils possèdent ou non une enveloppe avec circulation d'air.

Le type de ces derniers est le poêle lyonnais. Il se compose essentiellement d'une caisse en fonte résultant de la superposition de deux pièces en forme de tronc de cône. L'appareil est muni d'un tuyau pour le dégagement des

gaz et divisé en deux parties par une grille sur laquelle on place le combustible.

Dans les poêles mobiles, genre Choubersky, à mesure que la combustion se produit, le combustible en réserve descend et l'alimentation est automatique et continue.

Les poêles à enveloppe avec circulation d'air différent des précédents en ce que la cloche du foyer et la surface de chauffe sont entourées d'une enveloppe de métal ou de faïence. Des ouvertures sont ménagées à la partie supérieure et à la partie inférieure de cette enveloppe.

L'air entre froid par les premières, sort par les secondes, chauffé après s'être modifié à la surface d'un vase plein d'eau. Dans l'espace annulaire compris entre le foyer et l'enveloppe, la circulation est continue et active. De plus, on évite ainsi le rayonnement si pénible dans le voisinage du métal surchauffé.

Tels sont les poêles Martin, Murgrave, Müller, etc., le poêle Kirscher qui a été adopté pour les écoles.

Les poêles sont les appareils de chauffage les plus économiques tant sous le rapport de la consommation du combustible que sous le rapport des frais d'installation. Aussi leur usage est-il fort répandu.

Il ne va pas cependant sans quelques inconvénients. Sans parler du rayonnement des poêles en fonte portés au rouge, les poêles sont des appareils dont il est difficile de régler la chaleur. Pas plus que les cheminées, ils n'établissent une température uniforme en tous les points de la pièce. Enfin et surtout ils ne produisent qu'une ventilation insignifiante (10 à 20 mètres cubes par kilogramme de combustible brûlé d'après le général Morin). C'est à

ces derniers points de vue qu'ils doivent être absolument proscrits des salles d'hôpitaux.

Calorifères. — Tout calorifère à air chaud se compose essentiellement d'un foyer analogue à celui des poêles surmontés d'une calotte appelée cloche. Du sommet de cette cloche partent une série de conduits qui mènent à une cheminée les gaz de la combustion.

Le tout est placé dans une chambre en maçonnerie présentant à sa partie inférieure des ouvertures pour l'introduction de l'air frais et à sa partie supérieure une chambre de chaleur où se rend l'air chaud et d'où partent les conduits distributeurs.

Nombreux sont les types de calorifères construits sur ce modèle. La description de chaque type en particulier nous entraînerait trop loin. Citons seulement parmi les plus connus, les appareils de Humelin court, de Grouvelle de Geneste et Herscher, de Duvoir, et celui de Michel Perret, le plus économique sous le rapport de la dépense du combustible.

On a construit aussi d'autres calorifères à foyer extérieur. L'air avant de se rendre dans la chambre collectrice suit des tubes horizontaux autour desquels circulent les gaz de la combustion. Mais les joints entre les tubes et la maçonnerie sont rarement hermétiques ; il y a toujours lieu de craindre l'introduction dans l'air de gaz toxiques.

Un inconvénient commun à tous ces calorifères métalliques consiste dans la haute température à laquelle doivent être portées les parois de la cloche. L'air, à leur contact, prend une odeur désagréable et perd de sa pureté. Aussi

certain constructeurs ont-ils imaginé de remplacer les tubes métalliques par des tubes en céramique à parois suffisamment épaisses. Mais ces parois, en raison même des alternatives de froid et de chaud auxquelles elles sont soumises, ne tardent pas à se fendiller. De plus, il est nécessaire dans ce cas de donner aux surfaces chauffantes un grand développement, ce qui augmente de beaucoup les dimensions de l'appareil.

L'air chaud, conduit par des tubes, est réparti dans les différentes pièces à chauffer, où il arrive par une *bouche de chaleur*. La bouche de chaleur doit être placée à peu de distance du plancher. Après avoir perdu dans l'enceinte une partie de sa chaleur, l'air chaud doit pouvoir s'échapper à l'extérieur. Il est nécessaire pour cela de ménager une cheminée d'appel ou, tout au moins, des ouvertures pratiquées à la partie supérieure de la pièce.

Chauffage par l'eau chaude. — On peut demander la chaleur nécessaire pour effectuer le chauffage à des appareils dans lesquels circule un courant d'eau chaude. C'est Bonnemain qui, le premier, en 1777, introduisit cette méthode en France, et son appareil a servi de type à tous les modèles qui se sont succédé depuis.

Une installation de ce genre comporte essentiellement :

- 1° Une chaudière destinée à chauffer l'eau ;
- 2° Des surfaces chauffantes à l'intérieur desquelles l'eau circule en se refroidissant partiellement ;
- 3° Des tuyaux de distribution conduisant l'eau de la chaudière aux surfaces chauffantes ;
- 4° Enfin un vase d'expansion, sorte de bêche placée tout en haut de l'appareil et destinée à recevoir l'excédent de

l'eau augmentant ou diminuant de volume sous l'influence de la température.

Deux grandes classes sont à distinguer immédiatement, les appareils *sans pression* où le vase d'expansion communique librement avec l'atmosphère et les appareils *à pression* où il est hermétiquement clos.

Dans le premier système, l'eau ne peut être chauffée au-dessus de 100 degrés et, comme d'autre part, la température des surfaces chauffantes ne doit pas être abaissée au-dessous de 60 degrés, il en résulte un faible dégagement de chaleur (40 calories au maximum par litre d'eau). D'où les grandes dimensions qu'il faut donner aux surfaces de chauffe et la grande masse de liquide à employer.

Dans les appareils à pression, au contraire, la température de l'eau n'a de limite que dans la résistance des parois. Un litre d'eau pourra abandonner cent calories et même davantage; le diamètre des tubes de chauffe pourra être beaucoup réduit.

a) Chauffage à eau sans pression. — Comme chaudière, on peut utiliser n'importe quel récipient, n'importe quel générateur de vapeur, pourvu qu'il soit de dimension convenable.

Le vase d'expansion est de toute nécessité, la dilatation de l'eau dans un espace rempli de toutes parts amènerait infailliblement la rupture des parois. Ce vase d'expansion doit être placé à la partie la plus élevée de l'appareil et, pour éviter la projection de l'eau hors du vase sous l'influence d'une brusque élévation de la température, il est bon de ne le faire communiquer avec l'extérieur que par un tuyau débouchant au-dessus des toits.

b) Chauffage à eau sous pression. — Cet appareil est construit comme le précédent, sauf la clôture du vase d'expansion, et son mécanisme se comprend aisément. Il présente le danger de véritables explosions, dangereuses en raison de la grande masse et de la température élevée de l'eau contenue dans la surface de chauffe.

Les appareils à eau chaude présentent plusieurs des avantages que nous avons réclamés d'un bon système de chauffage. Ils donnent une température facile à régler et bien constante, l'eau conservant sa température, longtemps même après l'extinction de la chaudière.

Chauffage par la vapeur. — La première idée du chauffage à la vapeur appartiendrait à l'Angleterre où elle aurait été mise en pratique en 1745. En France, la première installation de ce genre date de 1828. Elle fut établie au palais de la Bourse, à Paris, sous la direction de Gay-Lussac et Thénard.

Aujourd'hui la vapeur est considérée comme le véhicule de chaleur le plus puissant et le plus souple dont on puisse disposer. Les avantages de ce mode de chauffage sont faciles à prévoir :

a) La grande quantité de chaleur abandonnée par la vapeur pour passer à l'état liquide ;

b) La facilité avec laquelle on peut transporter la chaleur à de grandes distances ;

c) La possibilité de chauffer directement les parois des salles sans surchauffer l'air destiné à la ventilation, condition essentielle pour les hôpitaux ;

d) Le réglage automatique de la température, auquel se prête la vapeur mieux que tout autre mode de chauffage ;

e) Enfin une sécurité parfaite, et la suppression de toute chance d'incendie.

L'installation de ce mode de chauffage suppose :

- a) Un générateur de vapeur;
- b) Des appareils de chauffage constitués par des réceptacles où la vapeur se condense en abandonnant la chaleur latente de vaporisation ;
- c) Des conduits où la vapeur circule pour aller aux surfaces de chauffe ;
- d) Des conduits qui ramènent au générateur l'eau produite par la condensation de la vapeur ;
- e) Des appareils de réglage et de distribution.

Le chauffage par la vapeur ne présente qu'un inconvénient, capital il est vrai. Le chauffage cesse brusquement dès que vient à cesser la production de la vapeur.

C'est pour remédier à cet inconvénient qu'a été imaginé le chauffage mixte par la vapeur et par l'eau chaude. Dans ce système la vapeur abandonne sa chaleur à l'eau qui à son tour la transmet à l'enceinte à chauffer. On conçoit aisément que ce mode de chauffage présente à la fois tous les avantages du chauffage à la vapeur et la stabilité du chauffage par l'eau chaude. Théoriquement, c'est l'appareil idéal. Malheureusement la difficulté de son installation, les frais élevés qu'il entraîne le rendent peu pratique. Aussi est-il peu employé.

Après l'exposé que nous venons de donner des divers systèmes de chauffage, il nous sera facile de rechercher celui qui réalise le mieux les conditions requises d'hygiène et d'économie. L'ensemble de ces conditions dont nous avons parlé au commencement de ce chapitre se trouve admirablement condensé dans les lignes suivantes que nous

empruntons au *Traité d'hygiène*, de J. Arnould, professeur d'hygiène à la Faculté de Lille :

« Un bon chauffage doit procurer le degré de température le plus favorable à la santé ; le donner d'une façon continue et égale ; ne pas altérer les propriétés physiques de l'air, spécialement l'hygrométrie ; ne pas y introduire d'impuretés, n'exposer à aucun accident : être économique. »

Ces conditions posées, examinons de plus près les trois systèmes dont on dispose, c'est-à-dire : le chauffage par l'air chaud, par l'eau chaude, et par la vapeur.

Nous éliminons *a priori* les cheminées et les poêles auxquels on ne saurait songer pour le chauffage méthodique qui convient à des salles d'hôpital.

a) Chauffage à l'air chaud. — C'est le système le plus répandu de nos jours dont l'organe principal, comme nous l'avons vu, est le calorifère.

Les inconvénients sont cependant nombreux :

a) L'air qu'il donne aux salles est surchauffé au point de devenir irrespirable. Il ne contient plus suffisamment de vapeur d'eau et, comme il a une tendance naturelle à se saturer, il emprunte à ce qui l'entoure la vapeur d'eau qui lui manque. D'où gêne des occupants qui respirent un air trop sec et qui sont exposés à une transpiration exagérée et anormale.

b) De plus et surtout, la fonte ou la tôle portée au rouge, au contact de laquelle l'air doit s'échauffer est perméable à l'oxyde de carbone.

Ce fait signalé par Carret de Chambéry reconnu depuis par Sainte-Claire-Deville et Troost explique les intoxi-

cations lentes et les malaises généraux dont souffrent les personnes habitant une maison chauffée par les calorifères à air chaud. Dans ses leçons sur l'asphyxie en 1875, Claude Bernard disait: « Les appareils de chauffage dont les parois peuvent être momentanément portées au rouge tels que calorifères en fonte et en fer, sont particulièrement dangereux dans les habitations. »

Les expériences répétées à ce sujet du général Morin sont des plus concluantes, et c'est après les avoir contrôlées que Claude Bernard a écrit: « Si les symptômes graves et caractéristiques qui se produisent quand un individu est exposé à l'action d'une atmosphère viciée par une notable proportion d'oxyde de carbone lui permettent de s'y soustraire et d'en éviter le danger, il n'en est plus de même quand la proportion du gaz toxique est très faible. On ne sait à quoi attribuer le malaise indéfinissable, et par suite de l'engourdissement, on hésite à se déplacer et on est alors exposé aux effets d'une intoxication lente. »

Mais nous avons, croyons-nous, assez insisté sur les inconvénients du chauffage à l'air chaud pour conclure :

« Le calorifère à air chaud qui, à quelque système qu'il appartienne, envoie dans les locaux de l'air surchauffé, vicié, chargé de gaz toxiques et de poussières diverses doit être proscrit d'une façon absolue comme moyen de chauffage dans les hôpitaux. »

b) Chauffage à l'eau chaude. — Disons tout de suite que ce système n'a aucun inconvénient grave qui puisse le faire rejeter. C'est un chauffage méthodique,

hygiénique qui remplit parfaitement les conditions posées par Arnould.

On peut cependant lui adresser certains reproches : D'abord, il est impossible de régler automatiquement le chauffage. Si, en effet, on ferme les robinets d'une des surfaces de chauffe ; on y emprisonne une certaine quantité d'eau chaude qui va rayonner encore pendant quatre ou cinq heures. C'est du reste sur cette propriété qu'a l'eau de conserver sa chaleur qu'est basé le chauffage des wagons par les bouillottes. Mais, pour être juste, nous devons ajouter que le fait que la masse d'eau est lente à se refroidir, constitue, dans certains cas, un avantage précieux. On est à l'abri d'un refroidissement brusque des locaux, alors que soit par accident, soit par défaut de surveillance, la chaudière cesse de fonctionner.

Un reproche plus grave est celui d'une fuite possible. On a alors une inondation d'eau chaude qui peut avoir des résultats désastreux, surtout dans les salles d'un hôpital.

Disons encore que le chauffage à l'eau chaude est moins économique que la vapeur, car il faut pour chauffer la même capacité 40 pour 100 de plus de surfaces chauffantes avec l'eau chaude qu'avec la vapeur.

Enfin, la tuyauterie et les surfaces de chauffe pleines d'eau surchargent les murs d'un certain poids.

c) Chauffage par la vapeur. — La vapeur, fluide essentiellement mobile, d'un poids spécifique insignifiant, se prête admirablement aux exigences d'un bon chauffage. Souple et rapide, elle se transporte aussitôt d'un point à l'autre de la canalisation. Elle se condense

avec facilité en abandonnant la chaleur qu'elle renferme et en donnant de l'eau à une température de 100 degrés qu'il suffit de reconduire au générateur pour obtenir au moyen d'un faible appoint de combustible une nouvelle quantité de vapeur.

Ces qualités remarquables ont été utilisées depuis longtemps pour le chauffage des locaux, mais d'une façon peu pratique et très coûteuse.

L'installation faite par des mains encore inexpérimentées et hésitantes exigeait l'emploi d'un personnel intelligent, la surveillance de la chaudière par un mécanicien. De plus, la vapeur à haute pression, au moindre obstacle rencontré dans les tuyaux donnait souvent un bruit pénible, appelé coup de béliet, absolument incompatible avec le silence qui convient aux malades dans les salles hospitalières.

Aussi le D^r Chavanis au Congrès de Lyon, en 1894, en raison de ces graves inconvénients, pouvait dire :

« Le meilleur système est le thermo-siphon à basse pression. L'eau à 60 degrés centigrades circule dans des tuyaux de 11 centimètres de diamètre près de la base des murs. » Le seul reproche, ajoutait-il, qu'on puisse adresser au thermo-siphon, c'est le prix élevé de son entretien. Mais, le foyer de Michel Perret s'y adapte aisément et, dès lors, on brûle du combustible à très bas prix, ce qui rétablit l'équilibre.

Mais ces derniers temps, les appareils ont été perfectionnés au double point de vue de la meilleure utilisation du combustible et du meilleur fonctionnement.

Le générateur est simple, facile à conduire sans personnel spécial. Il utilise complètement et rationnellement

le combustible, tient peu de place et n'entraîne aucun danger.

Afin d'éviter les bruits dont nous avons parlé, la vapeur est à très basse pression, $1/4$ de kilogramme. Si la pression augmente, un régulateur très sensible ferme l'entrée d'air sous la grille; ce qui fait tomber le feu. Ce régulateur ouvre ensuite une entrée d'air frais dans les canaux, ce qui refroidit immédiatement la chaudière. Ce régulateur crée ainsi une sécurité absolue.

Le chargement se fait seulement une fois par jour.

Une canalisation de départ conduit la vapeur aux radiateurs, tandis qu'une canalisation de retour ramène à la chaudière les eaux de condensation. Les tuyauteries principales placées dans les caves n'ont pas un diamètre supérieur à 4 centimètres. Les tuyauteries secondaires ne présentent que 2 centimètres de diamètre. Elles ont à peu près le même aspect que les tuyaux de gaz. Elles se détachent des premières pour arriver aux radiateurs. Les radiateurs sont les appareils qui permettent d'utiliser la vapeur. Ils sont disposés de façon à présenter la plus grande surface possible sous le plus petit volume possible. Leurs parois s'échauffent et transmettent la chaleur à l'air qui les baigne. L'air conserve toutes les qualités de pureté, en raison du faible degré de température qu'il atteint. La vapeur arrive d'un côté du radiateur; la vapeur condensée sort de l'autre.

Deux robinets permettent la mise en marche, le réglage ou la fermeture du radiateur. Ainsi, on est maître du chauffage. On l'établit, on le règle, on le supprime à volonté. Telle est l'installation moderne d'un chauffage à la vapeur. Nous avons pu la voir réalisée au nouveau Comp-

toir d'escompte de Saint-Etienne par les soins de M. Lamaizière, architecte de la ville. Disons aussi que cet architecte a le projet d'une installation analogue pour le nouvel hôpital de Saint-Etienne dont il a lui-même établi le plan. Nous sommes persuadé que le chauffage à la vapeur constitue le chauffage idéal pour les hôpitaux.

CHAPITRE IV

De l'installation du chauffage, de la ventilation et de l'éclairage dans quelques hôpitaux de France et de l'Etranger.

Bien que nous ayons étudié séparément le chauffage et la ventilation, nous croyons avoir montré plusieurs fois au cours de notre travail que le chauffage et la ventilation constituent deux opérations simultanées, deux choses essentiellement connexes, ainsi que l'a dit M. Gonnard, ingénieur des hospices de Lyon. M. le Professeur Bondet, dans son rapport, insiste particulièrement sur ce point. Une ventilation n'est bien entendue qu'autant qu'elle ne gêne pas le chauffage, et le meilleur mode de chauffage est avant tout le plus hygiénique. Toutefois, si ces deux opérations sont simultanées, elles doivent être distinctes. L'intensité de chacune d'elles doit pouvoir être modifiée séparément, puisqu'elle est subordonnée à des causes différentes. Tandis que le chauffage dépend de la tempé-

rature extérieure, la ventilation, elle, dépend de l'affectation des salles hospitalières et du nombre des occupants. En somme, il convient de pouvoir chauffer plus ou moins une enceinte sans troubler ni modifier la ventilation. Tel est l'avis de M. Erismann, professeur d'hygiène à la Faculté impériale de Moscou ; c'est lui qui fut chargé de l'installation de chauffage et de la ventilation dans les cliniques de cette ville. Nous regrettons de ne pouvoir donner le plan de cette installation qui, paraît-il, est merveilleuse, mais qui a coûté fort cher.

Nous savons seulement qu'on a adopté le chauffage par l'eau chaude et la ventilation artificielle. Dans le dernier Congrès de Lyon, M. Bondet insistait sur ce point qu'en France nous n'avions pas d'hôpitaux modèles, et que, pour en trouver, il fallait aller à Moscou ou en Suisse. Si nous n'avons pu connaître l'installation du chauffage et de la ventilation dans les cliniques de Moscou, nous devons à notre maître, M. le D^r Chavanis, des détails très précis sur l'installation de ces deux facteurs dans les hôpitaux suisses de Berne et d'Aarau ainsi que dans certains hôpitaux de France et d'Angleterre.

Ces détails ont été consignés dans un rapport sur la reconstruction de l'Hôtel-Dieu de Saint-Etienne. Disons tout de suite que nous le suivrons pas à pas dans cet exposé. Nous insisterons surtout sur les hôpitaux suisses qui sont plus modernes et infiniment mieux compris que les autres.

En France, même les hôpitaux les plus récents, construits d'après les plans de Tollet, comme ceux de Montpellier et du Havre, laissent bien à désirer sous le rapport du chauffage et de la ventilation.

Nouvel hôpital général de Saint-Éloi, à Montpellier.

— L'emplacement de cet hôpital est au N.-N.-O. de la ville d'où soufflent les vents les plus rares et les plus secs, si bien que les vents dominants, le mistral surtout, laissent la ville en dehors de l'influence atmosphérique de l'hôpital.

Le chauffage a lieu par un calorifère avec chambre de chauffe placée en soubassement et par une large cheminée ventilatrice adossée à l'un des pignons et munie d'un appareil Fondet destiné à augmenter le rendement calorifique et la ventilation. L'évacuation de l'air vicié a lieu par la cheminée et par trois gaines d'une section suffisante et dont l'action ventilatrice est déterminée par le passage des tuyaux de fumée de la cheminée et du calorifère.

Nouvel hôpital du Havre. — Le chauffage des salles se fait par un calorifère. Les bouches de chaleur arrivent dans le milieu de la salle et aussi sur les parois des murs de façade. Il faut un calorifère par salle. Des cheminées à double foyer ont en outre été placées au milieu des salles. L'aération est assez compliquée ; l'air frais et pur arrive par les ouvertures naturelles, portes et fenêtres, et l'air chaud par le calorifère.

L'air vicié s'échappe au sommet de l'ogive par trois orifices distincts. De plus, on trouve à la partie inférieure des murs, vers les angles de la salle, quatre ouvertures qui se rendent dans des cheminées d'appel ; la ventilation par ces ouvertures est à peu près nulle.

L'éclairage se fait au moyen de l'électricité.

Hôpital de Vichy. — Le chauffage de cet hôpital est

très bien compris. Il se fait par la circulation de l'eau chaude. Ce système donne une chaleur douce et continue. Notons qu'au début on a éprouvé certains déboires. Il y a eu quelques inondations.

L'eau chaude circule tout autour des salles, à la base des murs, dans des tuyaux à grand diamètre ; vis-à-vis des fenêtres et dans leur renforcement, on trouve des caissons où l'air frais arrive du dehors et vient s'échauffer avant de pénétrer dans la salle. Malheureusement, ces caissons constituent de véritables nids à poussière.

La ventilation est naturelle : l'air frais arrive par les portes et fenêtres et par des orifices pratiqués dans le mur à la base des fenêtres. L'air vient se mettre en contact avec les surfaces de chauffe, avant de se répandre dans la salle.

L'air vicié s'échappe par des cheminées d'aération qui débouchent sur les toits. La prise d'air se fait à la base des murs dans la salle.

Hôpital Bichat, de Paris (pavillon Tollet). — Le chauffage et la ventilation des salles sont intimement liés l'un à l'autre. Une machinerie centrale avec un puissant ventilateur fait arriver l'air pur en contact avec des appareils de chauffage à circulation d'eau chaude. Ces appareils, au nombre de 50, sont installés dans le sous-sol, et l'air, après les avoir traversés et s'être échauffé à leur contact, arrive de là dans les salles. C'est un véritable calorifère à eau chaude.

L'air vicié des salles s'échappe par de larges ouvertures garnies d'un quadrillage et situées près des plafonds. De là, il circule en dessus de la corniche qui présente une

canalisation à cet effet pour arriver à la grande cheminée d'appel qui débouche sur le toit d'un pavillon.

Nouvelle clinique de la Maternité du boulevard Port-Royal (Paris). — Le chauffage a lieu au moyen de calorifères à air chaud. Les caves très vastes ne servent qu'aux calorifères. La ventilation est faite par des gaines verticales encastrées dans les murs et sortant sur le toit. Chaque gaine est pourvue de deux bouches en fonte striée, l'une à la base des murs et l'autre sous le plafond ; les bouches peuvent être ouvertes ou fermées facilement à l'aide de registres en tôle. La ventilation est complétée par des impostes ouvertes dans chaque croisée.

Nous ne parlerons pas du nouvel hôpital de Saint-Denis partout cité comme modèle, le chauffage y est complètement manqué.

Hôpital Hertorfd à Paris. — C'est un hôpital de grand luxe destiné à recevoir les malades de nationalité anglaise de passage à Paris.

La ventilation est assurée par de larges prises d'air placées extérieurement et à une certaine distance du corps des bâtiments. Ces prises d'air communiquent par de larges conduits avec la partie supérieure des calorifères placés dans les caves.

L'air s'échauffe au contact des surfaces de chauffe et s'élève en vertu de sa différence de densité avec l'air froid jusqu'à la chambre de chaleur où différents conduits permettent son ascension dans les locaux où l'on veut élever la température.

L'émission de cet air chaud est réglé par des bouches

de chaleur à ouverture variable placées au niveau du parquet.

Des cheminées d'appel sont établies pour l'élimination de l'air vicié. Le tirage est produit par un bec de gaz, système dit : « Bougie Bengel », brûlant à mélange d'air et dont la flamme longue et bleue ne donne pas de lumière. Des bouches placées à la base de ces cheminées permettent de régler à volonté l'entraînement de l'air vicié.

En somme, même dans les hôpitaux français, de construction récente, on voit, d'après ce rapide examen, combien le chauffage et la ventilation laissent à désirer. Du reste, la description un peu détaillée de l'installation de ces deux facteurs dans les hôpitaux suisses, en sera la meilleure critique.

Inselspital (Berne). — A Berne, on trouve divers systèmes d'hôpitaux : « hôpitaux privés » ; « Siegler spital » ; « hôpital Victoria » ; « hôpitaux communaux » ; « petit hôpital des enfants » ; « Burger spital ». Nous nous occuperons seulement au point de vue qui nous intéresse de l'Inselspital qui est à la fois un hôpital cantonal, une clinique médicale, chirurgicale et ophtalmologique.

L'Inselspital est bâti depuis environ dix ans. Il est édifié sur une colline à pente légère et exposé au sud-est, si bien que les vents régnants peuvent balayer les préaux sans infecter les divers bâtiments.

Chauffage. — Au centre des pavillons séparés qui constituent l'Inselspital est situé un grand bâtiment, où on

trouve la chaufferie générale installée dans le sous-sol. Là, se trouvent de puissants générateurs qui doivent distribuer la vapeur à toutes les parties construites de l'hôpital qui toutes sont chauffées par ce générateur central. La vapeur transportée dans tout l'établissement pour le réchauffer revient sous forme d'eau condensée dans un réservoir près des machines et sert à les alimenter indéfiniment. Les tuyaux de vapeur, afin de ne pas perdre leur chaleur première, sont entourés, dans leur parcours, d'un manchon en poussières de liège comprimées, recouvert d'une toile imperméable. Ils présentent aussi des inflexions horizontales en demi-cercle calculées sur la dilatation probable qu'ils auront à subir sous l'influence de la chaleur. Cette distribution de vapeur nécessite de vastes conduits souterrains. Ces conduits viennent tous aboutir derrière les générateurs au pied d'une vaste tour carrée.

Cette tour contient dans son intérieur une cheminée indispensable au tirage, cheminée toute en tôle afin de permettre à sa chaleur de rayonner dans la tour et d'y produire un violent tirage. Ces galeries, en effet, ne servent pas seulement à l'installation du tuyautage, elles servent encore à la ventilation.

Ventilation. *a) Expiration.* — C'est par les galeries que l'air vicié des salles puissamment aspiré arrive de tous côtés au pied de la tour par les conduits souterrains dont nous venons de parler. Quand le tirage est insuffisant, un ventilateur puissant, placé au pied de la tour assure par son fonctionnement l'expiration de l'air vicié. L'air ainsi aspiré est pris dans les salles par un orifice quadrillé assez large. Ce système assure le renou-

vement complet de l'air de la salle deux fois par heure. Ainsi se fait l'extraction de l'air vicié.

Comment l'arrivée de l'air pur s'opère-t-elle ?

b) Inspiration. — L'été, l'air qui arrive de la salle est frais et pur ; l'hiver, c'est de l'air chaud qui, avant d'arriver dans les salles, passe sur les surfaces de chauffe ménagées dans le sous-sol. De chaque côté d'un pavillon, il existe deux vastes prises d'air. Ces prises d'air sont surmontées d'un toit en zinc et entourées d'une bordure de petits sapins pour tamiser l'air. L'air entre dans un vaste canal creusé dans le sous-sol du bâtiment. Avant d'y pénétrer, ce courant d'air a deux obstacles à franchir ; d'abord un mur qui arrête les poussières, puis une grande valve mobile qui mesure la puissance du courant. Après avoir franchi cette sorte d'anémomètre, ce conduit arrive sur les surfaces de chauffe et se divise ensuite en conduits secondaires pour se rendre aux différents étages et différentes salles. Dans les salles partout où l'air chaud débouche, il existe un second indicateur pour calculer la température de l'air que l'on désire. C'est une ficelle qui commande à une valve secondaire placée dans l'intérieur des cheminées par où passe l'air. Suivant que la vitre est ouverte, fermée ou demi-ouverte, on a de l'air froid, de l'air chaud ou un mélange d'air froid et d'air chaud.

On voit par là que la ventilation et le chauffage sont intimement liés dans cet hôpital.

Hôpital d'Aarau. — Plus moderne que celui de Berne, l'hôpital d'Aarau n'est en exploitation que depuis sept ou huit ans. Elevé en pleine campagne, sur un petit

plateau, il est exposé au nord et au midi, si bien que les vents peuvent en balayer les préaux.

Chauffage. — Le chauffage est identique à celui de Berne, on trouve au centre des pavillons un grand bâtiment avec la machinerie dans le sous-sol. La vapeur est envoyée dans les salles par des canaux qui aboutissent à une tour carrée contenant une cheminée en tôle destinée à exagérer le tirage.

Ventilation. — La ventilation présente quelques différences. La canalisation présente une double galerie, car elle contient à la fois l'inspiration et l'expiration de la salle.

L'air vicié, comme à Berne, revient par cette canalisation et est attiré dans la tour centrale, mais l'air pur n'est pas pris dans le voisinage des bâtiments.

Il est directement envoyé dans les salles par un ventilateur propulseur central. Avant d'arriver dans la salle, l'air propulsé trouve une vaste surface de chauffe située dans les caves. C'est là qu'il s'échauffe au contact d'une batterie formée de nombreux tuyaux en spirale où circule la vapeur. Il existe une chambre de chauffe pour chaque moitié de pavillon.

C'est ainsi que la multiplicité des chambres de chauffe à Berne se trouve réduite ici, en même temps que le tuyautage est moins compliqué.

Telle est l'installation des deux hôpitaux modèles de Suisse. Cette installation qui a coûté fort cher présente cependant quelques inconvénients à côté d'avantages incontestables.

D'abord, on ne peut éviter de temps en temps la production de courants renversés si l'air de la salle n'est pas suffisamment chauffé, des courants descendants peuvent se produire, de telle sorte que l'air qui arrive des salles infectées et qui doit être expiré peut être refoulé dans les salles ordinaires des malades.

L'aération est plus artificielle que réelle. Ce sont des calorifères à la vapeur dérivant plus ou moins du vulgaire calorifère. Aussi l'air arrive-t-il dans les salles plus ou moins altéré par les surfaces de chauffe, plus ou moins chargé d'oxyde de carbone et privé de sa vapeur d'eau.

Enfin, pour chauffer la salle, on fait arriver de l'air à une température plus élevée que l'air de l'intérieur. Il se produit par suite des veines d'air chaud ascensionnelles qui s'engagent dans la cheminée d'appel de l'air vicié avant toute diffusion dans la salle.

En présence des inconvénients assez sérieux que présentent les installations si coûteuses des hôpitaux suisses de Berne et d'Aarau réputés, à juste titre cependant, comme des hôpitaux modèles, on est en droit de se demander s'il ne convient pas de simplifier autant que possible la ventilation et de se rapprocher de la ventilation naturelle. C'est l'avis du D^r Chavanis, notre maître, qui s'est intéressé tout spécialement à cette question, c'est également l'avis du D^r Roussel dont nous avons donné dans le second chapitre les conclusions un peu absolues cependant.

Leur opinion a prévalu et dans le nouvel hôpital qu'on construit à Saint-Etienne, c'est à la ventilation naturelle qu'on s'adressera pour aérer les salles. Voici comment : S'il est une chose bien établie, c'est que dans les salles,

l'air vicié se trouve accumulé vers le plafond. L'air pur tend au contraire par son poids spécifique à tomber vers le plancher.

Pour extraire l'air vicié, il sera donc indiqué de le prendre près du plafond. Avec le système ogival, il suffira d'avoir des orifices à ailettes suffisamment grands aux deux extrémités de l'ogive. Avec des plafonds horizontaux, on ménagera des orifices quadrillés situés dans les quatre angles. Ces orifices d'évacuation correspondront à des cheminées d'appel qui déboucheront sur les toits et seront munies à leur sommet d'un appareil ventilateur.

Quant à l'air pur et frais, c'est également au sommet de la salle qu'on le prendra. En raison de son poids, il ne se disséminera pas dans la salle, mais tombera le long des murs. Il ne se diffusera dans la salle que lorsqu'il aura acquis par l'échauffement une densité suffisante. Supposons maintenant un tuyau de vapeur d'eau circulant à la base des murs autour de la salle. L'air chauffé à ce contact, s'élève à mi-chemin, et rencontre l'air frais qui descend. Il en résulte, un mélange, un échange de chaleur et c'est ainsi que l'air pur échauffé se dissémine au-dessus des lits et entoure les malades comme d'un manteau.

Telle est dans les grandes lignes le mode de ventilation tel qu'il a été compris par M. Chavanis et auquel nous nous arrêtons.

Dans le chapitre précédent nous avons assez insisté sur le chauffage à la vapeur pour ne pas avoir à y revenir.

Il nous reste seulement à dire quelques mots sur l'éclairage.

A ce sujet, les opinions ne sont pas partagées.

L'éclairage électrique réunit à bon droit tous les suffrages.

La lumière électrique, en effet, ne consomme pas d'oxygène et ne dégage pas d'acide carbonique. C'est là une garantie suffisante de sa parfaite innocuité pour l'hygiène. Si elle n'altère pas l'atmosphère des salles, elle ne l'échauffe guère non plus, elle n'expose ni aux explosions ni aux fuites, et elle permet de donner une lumière aussi douce et aussi constante que possible.

Les comptes rendus de l'Exposition nationale d'électricité à Paris en 1881 ont montré la diversité des systèmes que l'on peut employer pour obtenir cet éclairage, soit au moyen de l'arc voltaïque direct, soit avec les lampes à incandescence. Dans une discussion soulevée à ce propos à la Société de médecine publique de l'année 1881, les D^{rs} Javal et Fienzal, ainsi que l'avait fait le professeur Poncet dans le *Progrès médical* en 1880, ont déclaré cet éclairage le plus inoffensif au point de vue de l'hygiène. C'est le seul qui doit être adopté par les hôpitaux.

CONCLUSIONS

I. La ventilation naturelle nous paraît être sinon la plus active, au moins la plus pratique pour les hôpitaux. Elle assure un renouvellement d'air suffisant et ne demande pas la même surveillance étroite et intelligente que la ventilation artificielle. Disons toutefois que l'avenir est peut-être à la ventilation artificielle lorsqu'elle aura subi des perfectionnements au double point de vue du coût de l'installation et de la simplicité du fonctionnement.

II. Le chauffage par la vapeur à basse pression réalise aujourd'hui le meilleur des chauffages. Après les modifications qu'on a fait subir aux appareils, ces derniers temps, les inconvénients qu'il présentait, tels que : les bruits désagréables dans les salles — la nécessité de la surveillance constante de la chaudière par un mécanicien — et surtout le coût exagéré de l'installation ont aujourd'hui

tout à fait disparu. On peut considérer ce mode de chauffage comme le plus méthodique, le plus sûr et le plus hygiénique. Plus économique et plus facile à régler que le chauffage par l'eau chaude, le seul qu'on puisse lui opposer, il n'expose pas comme lui, à cet accident d'une fuite possible entraînant une inondation d'eau chaude dans les locaux.

III. L'éclairage électrique obtenu soit au moyen de l'arc voltaïque direct, soit avec les lampes à incandescence doit être le seul employé dans les hôpitaux.

Le fait que la lumière électrique ne consomme pas d'oxygène et ne dégage pas d'acide carbonique est une garantie suffisante de sa parfaite innocuité pour l'hygiène.

Si toutefois on était obligé dans certains hôpitaux d'employer le gaz, on devra veiller à ce que les becs soient surmontés de conduits évacuateurs pour porter au dehors les produits de la combustion.

Vu, bon à imprimer :
LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
BONDET.

Vu, bon à imprimer :
POUR LE DOYEN,
L'ASSESEUR,
LÉPINE

Vu, bon et permis d'imprimer :
POUR LE RECTEUR, ET PAR DÉLÉGATION
LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,
J. RAULIN.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Ser. Traité de physique industrielle.

Bondet. Rapport sur l'organisation des hôpitaux il y a cent ans et l'organisation actuelle.

Chavanis. Rapport sur la reconstruction de l'Hôtel-Dieu de Saint-Étienne.

Roussel. Rapport sur la reconstruction de l'Hôtel-Dieu de Saint-Étienne.

J. Arnould. Traité d'hygiène.

Napias et Martin. De l'hygiène en France de 1878 à 1882.

Revue d'hygiène. De 1882 à nos jours.

Claude Bernard. Leçons sur l'asphyxie (1875).

Compte rendu du Congrès de Lyon de 1894.

Viollet-le-Duc. Histoire des habitations humaines.

TABLE

INTRODUCTION.	5
CHAPITRE PREMIER. — <i>De la ventilation</i>	9
Causes de la viciation de l'atmosphère dans une enceinte habitée	11
Influence de la respiration	11
Influence de la transpiration.	12
Influence des appareils d'éclairage	12
Influence des matières organiques	13
CHAPITRE II. — <i>Divers systèmes de ventilation</i>	18
De la ventilation naturelle	18
De la ventilation artificielle.	23
CHAPITRE III. — <i>Du chauffage. Divers modes de chauffage</i>	26
Du chauffage	26
Divers modes de chauffage	28
Cheminées	28
Poêles.	29
Calorifères	31
Chauffage par l'eau chaude	32
<i>a)</i> Chauffage à eau sans pression.	33
<i>b)</i> Chauffage à eau sous pression	34
Chauffage par la vapeur	34
<i>a)</i> Chauffage à l'air chaud.	36
<i>b)</i> Chauffage à l'eau chaude	37
<i>c)</i> Chauffage par la vapeur	38

CHAPITRE IV. — *De l'installation du chauffage, de la ventilation et de l'éclairage dans quelques hôpitaux de France et de l'étranger.* 42

Nouvel hôpital général de Saint-Eloi, à Montpellier . 44

Nouvel hôpital du Havre 44

Hôpital de Vichy 44

Hôpital Bichat, de Paris (Pavillon Tollet) 45

Nouvelle clinique de la Maternité du boulevard Port-

Royal (Paris) 46

Hôpital Hertford à Paris. 46

Inselspital 47

Chauffage 47

Ventilation 48

a) Expiration 48

b) Inspiration. 49

Hôpital d'Aarau. 45

Chauffage 50

Ventilation 50

CONCLUSIONS 55

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 57

